

Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum (7)

Põhjaveekogumi iseloomustus

Põhjaveekogumi iseloomustus tugineb Eesti Geoloogiateenistuse poolt koostatud põhjaveekogumi kontseptuaalse mudeli aruandele (Marandi jt., 2019):

Marandi, A., Osjamets, M., Polikarpus, M., Pärn, J., Raidla, V., Tarros, S., Vallner, L., 2019. *Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine, koormusallikate hindamine ja hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine*. Eesti Geoloogiateenistus, EGF:9110 Rakvere. (<https://fond.egt.ee/fond/egf/9110>),

kust leiab lisainformatsiooni lisas esitatud põhjaveekogumi kohta ning täiskirjed lisas toodud kirjanduse viidetele.

PVK nr.	Vesikond	Põhjaveekogumite grupp	Põhjaveekompleks	Maakond	Pindala (km ²)
7	Ida-Eesti vesikond	Siluri-Ordoviitsiumi	Kvaternaari, Ordoviitsiumi	Ida-Virumaa	1095

<u>Hüdrogeoloogiline iseloomustus</u>	Kivimite litoloogiline koostis	<p>Põhjaveekogum paikneb Ordoviitsiumi karbonaatkivimites ja nendel lasuvates Kvaternaari veekihtides. Piirkonnas on välja eraldatud kolm erinevate filtratsioonimadustega veekihti, mida lahutavad üksteisest savika lubjakivi ja mergli vahekihid (Perens jt., 2012):</p> <p><i>Nabala–Rakvere veekiht.</i> Vettandvateks kivimiteks on lõheline, kavernoosne, karstunud, kohati dolomiidistunud lubjakivi. Lamav veepideme on Oandu lademe savikas lubjakivi ja mergel.</p> <p><i>Keila–Kukruse veekiht.</i> Vettandvateks kivimiteks on Ülem-Ordoviitsiumi Kukruse, Haljala ja Keila lademe lubjakivi, mergel, dolomiit ja kukersiit. Lasuv veepide on Uhaku lademe savikas lubjakivi ja mergel.</p> <p><i>Lasnamäe–Kunda veekiht.</i> Vettandvateks kivimiteks on Aseri, Lasnamäe ja Kunda lademe lubjakivid ja dolomiidid. Ülemiseks veepidemeks on Uhaku lademe savikas lubjakivi ja mergel.</p>
	Kogumi paksus	<p>Suureneb 10-12 m kogumi põhjaosas kuni 100 m kogumi lõunaosas vastavalt veekihtide kallakusele ja lasumussügavuse suurenemisele. Veekihtide vaheliste veepidemete paksused on ~10-15 m Uhaku lademe ja ~5 m Oandu lademe puhul (Savitski, 2000; Hang jt., 2012).</p>
	Lasuv veepide	<p>Põhjaveekogumi lasuv veepide on ebaühtlase paksusega ning kogumi põhjavesi on valdavalt kaitsmata või nõrgalt kaitstud. Vettandvate kivimite avamusala on kaetud 2–10 meetri paksuse glatsiaalse, fluvioglatsiaalse ja limnoglatsiaalsete setetega, mis ei</p>

		moodusta väljapeetud veepidet (Perens jt., 2012)). Nende setete filtratsioonikoefitsiendid on vastavalt: turvas – 10^{-4} – $1,0$ m/ööpäevas; jääjärveline liiv ja saviliiv – $0,05$ – 30 m/ööpäevas; moreenne saviliiv – $0,01$ m/ööpäevas (Hang jt., 2012; Perens jt., 2012). Narva karjäärist lõuna pool on Ordoviitsiumi ladestu kivimid kaetud Kesk-Devoni Narva lademe sporaadiliselt vett andvate kivimitega, mis kohati moodustab ka suhteliselt väljapeetud veepideme filtratsioonikoefitsient $0,06$ – $3,4$ m/ööpäevas (Perens jt., 2012).
	Lamav veepide	Ordoviitsiumi regionaalne veepide, mis koosneb Türisalu kihistu argilliidist, Leetse kihistu glaukoniitliivakivist ja Toila kihistu savikate vahekihtidega glaukoniitlubjakivist (Perens jt., 2012). Veepideme vertikaalne filtratsioonikoefitsient on $\sim 10^{-6}$ m/ööpäevas (Perens & Vallner, 1997; Marandi jt., 2013).
	Põhjavee survepind	Põhjavee survepind on mõjutatud põlevkivi kaevandamisest ja sellest tulenevast kaevanduste veevõtust. Maapinnalähedase Nabala-Rakvere veekihi põhjavesi on valdavalt surveta ja selle veetase on enamasti $0,3$ – $6,0$ m sügavusel maapinnast, kaevetööde mõjupiirkonnas tunduvalt sügavamal kuni 30 m maapinnast (Savitski, 2000; Perens jt., 2012). Karjääride ja kaevandustega läbitud Keila–Kukuruse veekiht on kaevetööde piirkonnas täielikult drenitud kuni põlevkivi tootsa kihindi lamamini. Lasnamäe-Kunda veekiht on valdavalt surveline ja selle survetase on lasuva Keila–Kukuruse veekihi tasemest 2 – 6 m madalamal (Perens jt., 2012).

Hüdrodünaamika	Voolusuunad	Põhjavee looduslik liikumissuund on Pandivere kõrgustikult kirdesse . Kohalikuks põhjavee toitealaks on Kurtna mõhnastik, kus regionaalne põhjaveevool jaguneb kaheks: läänepoolne suundub Viru ja Estonia kaevanduse poole ja idapoolne Narva karjääride suunas (Perens jt., 2012). Kohalikuks põhjavee toitealaks oli looduslikult ka Jõhvi kõrgustik, mis aga käesoleval ajal on kaevandusvee ärajuhtimise tõttu on Keila-Kukuruse veekihi ja sellest sügavamal kaevanduste ja karjääride ümber 2 – 7 km raadiuses drenitud (Perens jt., 2012).
	Hüdrauliline juhtivus ja põhjaveevoolu kiirus	Põhjaveekogumi karbonaatkivimite ülemises, kuni 20 m paksuses osas on hüdrauliline juhtivus 5 – 80 m/ööpäevas, keskmiselt 20 m/ööpäevas, sügavusvahemikus 20 – 50 m 3 – 6 m/ööpäevas ning sügavamal kui 50 m $0,1$ – 3 m/ööpäevas (Savitski jt., 2000; Perens jt., 2012). Põhjaveekogumiga seotud veekihtide läbilaskevõime muutub suurtes piirides 50 m ² /ööpäevas kuni >300 m ² /ööpäevas (Perens jt., 2012). Oandu ja Uhaku veepidemete vertikaalsed hüdraulilised juhtivused on mudelarvutuste järgi vastavalt $0,003$ m/ööpäevas ja 10^{-5} m/ööpäevas (Marandi jt., 2013).

		<p>Kaevetööde tulemusel on vettandvate kivimite füüsikalised omadused märkimisväärselt muutunud. Suurenenud on kivimite üldine poorsus ja muutunud on maapinna mikroreljeef, mis on mõjutanud pindmisest äravoolu ja pinnavete infiltratsiooni (Perens jt., 2012).</p>
	Toitumine ja režiim	<p>Põhjaveekogumi põhjaveerežiim sõltub looduslike faktorite (sademed, aurumine jm) ja kaevanduste (Estonia, Viru) ning karjääride (Narva, Sirgala) veeärastuse koosmõjust. Kvaternaari veekihtide, sealhulgas Muraka ja Puhatu soostiku soostiku veerežiim sõltub eelkõige sademetest. Aluspõhja veekihtide veerežiimile avaldab otsest mõju kaevandusvee väljapumpamine, mille tulemusena on töötavate kaevanduse ümber kujunenud ulatuslikud veetaseme alanduslehid, mis maapinnalt esimeses, Nabala–Rakvere veekihis ulatuvad 0,5-2 km, Keila–Kukruse veekihis 5-7 kilomeetrit ja Lasnamäe-Kunda veekihis isegi kuni 25 km kaevandustööde piirist (Boldõreva & Savitski, 2005; Perens jt., 2012). Kaevanduste mõju aluspõhjaliste veekihtide veerežiimile on olnud erinev. Vahetult kvaternaarisetete all lasuvas Nabala–Rakvere veekihis on põhjaveerežiim jäänud Muraka rabast põhja pool looduslikuks, kuid raba idapiiri lähedal on veetaseme esialgse tasemega võrreldes alanenud. Sügaval lasuvates survealistes veekihtides levib survealaste langus kuni 25 km kaugusele kaevandustest, maapinnalähedastes veekihtides (Nabala–Rakvere veekiht) korvab infiltratsioon veevõtust tingitud veetaseme alanemise kiiremini (Perens jt., 2012).</p> <p>Valdavalt kuulub põhjaveekogumi ülemine osa (Nabala-Rakvere ja Keila-Kukruse veekihid) aktiivse veevahetuse võösse, sügavam Lasnamäe-Kunda veekiht kuulub aga kogumi lõunapoolses osas pigem mõõduka veevahetuse võösse (Jõeleht & Polikarpus, 2018). Põhjavee $\delta^{18}\text{O}$ väärtused (-11.3 kuni -13.8‰; Savitskaja jt., 1998; Pärn jt., 2019b) on sarnased sademetetekkeline põhjavee isotoopkoostisele Eesti alal (Raidla jt., 2016). Sügavamatest veekihtidest on leitud põhjavett, mille isotoopkoostis ($\delta^{18}\text{O}$ väärtused $\sim -16.1\text{‰}$; Pärn jt., 2019) viitab aeglasemale veevahetusele ja sellele, et veekihtides on säilinud vanem külmemast kliimaperiодist pärineva põhjavee komponent.</p>

Põhjavee koostis	Keemiline koostis	<p>Põhjavee algne keemiline koostis on olnud valdavalt Ca-HCO_3 tüüpi, mineraalainete sisaldusega 0,3–0,5 g/L (Savitski, 2000; Perens jt., 2012). Veekeskkonna loodusliku anaeroobse keskkonna ja ümbritsevate soode mõjul on vees suurenenud Fe^{2+}, Mn^{2+} ja NH_4^+ ionide sisaldus (Perens jt., 2012), mille tõttu</p>
-------------------------	--------------------------	--

		<p>ei vasta looduslik põhjavesi nende näitajate alusel kehtestatud joogivee kvaliteedinõuetele (Sotsiaalministri määrus 31.07.2001 nr 82).</p> <p>Põhjavee keemilist koostist põhjaveekogumis on oluliselt mõjutanud põlevkivi kaevandamine. Aeratsioonitingimuste muutudes ja aeratsioonivöö laienedes ja õhuhapniku juurdepääsul varem anaeroobsetes tingimustes olnud kivimitele suureneb kaevandusvees SO_4^{2-} sisaldus looduslikult sisalduselt 60-100 mg/L kuni väärtusteni ~350 mg/L ja suletud kaevanduste korral isegi sisaldusteni >1000 mg/L (Erg, 2005; Perens jt., 2012). Sulfaadi kontsentratsioonide suurenemisega on kaasnenud ka põhjavee mineraalsuse suurenemine. Samuti on suurenenud vee karedus looduslikelt väärtustelt 6-8 mg-ekv/L kuni väärtusteni 10–20 mg-ekv/L (Perens jt., 2012).</p> <p>Selle tõttu on põhjavesi kogumis muutunud kohati $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$ või Ca-SO_4 tüüpi veeks. Lisaks on kaevandustegevuse ja aherainemägedega seotud ka suuremad orgaaniliste ainete (fenoolid, naftasaadused, benseen, PAH) kontsentratsioonid maapinnalähedases põhjavees.</p> <p>Kõrgete raua ja sulfaadi kontsentratsioonide tõttu vastab vesi harva joogiveeks kasutatava põhjavee I kvaliteediklassile ning esineb põhjavett, mis oma sulfaatide sisalduselt ei vasta ka põhjavee III kvaliteediklassile (Sotsiaalministri määrus 02.01.2003 nr 1).</p> <p>Põhjaveeseire käigus ei ole perioodil 2015-2017 kogumi seirekaevudes täheldatud suuri ohtlike ainete sisaldusi (Erg & Tamm, 2018). Kohati on kogumi põhjav ees tuvastatud normist kõrgemad 1-aluseliste fenoolide (>1 µg/L) ja PAHide (>0,1 µg/L) kontsentratsioone ja suuremad Ba^{2+} sisaldusi (0,7-4,4 mg/L; Erg & Tamm, 2018).</p>
	<p><i>Keemilise koostise kujunemise kontseptuaalne mudel</i></p>	<p>Looduslikult on Ordoviitsiumi karbonaatkivimites oleva põhjavee keemilist koostist mõjutanud peamiste geokeemiliste protsessidena karbonaatsete mineraalide (kaltsiit, dolomiit) lahustumine, püriidi oksüdatsioon ja orgaanilise aine oksüdeerumine. Lokaalselt on maapinnalähedastes põhjaveekihtides täheldatav soovete mõju (suuremad NH_4^+, BHT/KHT, Fe^{2+} kontsentratsioonid).</p> <p>Sügavamas Lasnamäe-Kunda veekihi suureneb Na^+ ja Cl^- ionide sisaldus, mis viitab aeglasemale veevahetusele sügavamates põhjaveekihtides ning katioonvahetuse mõjule.</p> <p>Kaevandustegevuse mõjul on piirkonnas suurenenud püriidi oksüdatsiooni mõju, mis väljendub suurenenud sulfaatide sisalduses. Lisaks sellele intensivistub püriidi oksüdatsiooni korral ka karbonaatsete mineraalide lahustumine, mis kaltsiumi ja magneesiumi kontsentratsioonide suurenedes suurendab</p>

		<p>vee karedust. Põlevkivikaevanduste ja sellega seotud tööstus- ja jääkreostusobjektidega seostuvad põhjaveekogumis esinev orgaaniline reostus.</p> <p>Kaevandustest toimuva veeärastuse tulemusena satub sulfaadirikas põhjavesi pumplate kaudu settebasseinidesse, kust voolab edasi ümbruskonna pinnaveekogudesse. Sulfaadirikas vesi võib maapinnale jõuda ka suletud kaevanduste täitumisel. Sulfaadi kontsentratsioonide järsk suurenemine põlevkivibasseini lähedastes pinnaveekogudes selgeks märgiks kaevandustegevuse mõjust.</p>
--	--	--

<p>Seosed pinna- ja maismaa-ökosüsteemidega (TLÜ Ökoloogia Instituut, 2015)</p>	<p>Seotud vooluvee-ökosüsteemid</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Purtse jõgi Püssi paisust Viru HEJ paisuni (Purtse_3; 1068200_3); • Pühajõgi Rausvere jõest suudmeni (Pühajõgi_2; 1067000_2); • Mustajõgi (Mustjõgi; 1063800_1); <p>Purtse_3 ja Mustjõe vooluveekogumid on tugevalt muudetud Pühajõegi_2 on looduslik veekogum. Põhjavee toite osakaal kogumiga seotud vooluveeökosüsteemides on aastatel 1923-1965 toimunud mõõtmiste järgi 25-36%.</p>
	<p>Seotud seisuveeökosüsteemid ja karstiobjektid</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Liivjärv (Jõuga Liivjärv; VEE2035100); • Linajärv (Jõuga Linajärv; VEE2034900); • Pesujärv (Jõuga Pesujärv; VEE2035000); • Pikkjärv (Kõnnu Pikkjärv; VEE2034700); • Ümmargune järv (Kõnnu Ümmargune järv; VEE2034800). <p>Ükski seotud järvedest pole seisuveekogum</p>

	Seotud maismaaökosüsteemid	<ul style="list-style-type: none"> • Puhatu soostiku põhjaosa (Mustaladva soo, Putki soo, Krivasoo); • Muraka soostik (Ratva raba, Selisoo); • Kurtna Suurjärve äärne soo; • Nõmmejärvest ja Niinsaare järvest läänes asuv soo; • Konsu järve ümbruse siirdesood ja soometsad; • Selisoo; • Sirtsu soo; • Kõrgesoo; • Kaasiksoo; • Oandu soo (Pärniku soo); • Rohukabja soo (Aruvälja soo); • Linnasaare soo; • Tedresoo; • Jõeladvasoo. <p>Erinevad põhjaveekogumiga seotud maismaaökosüsteemid on mõjutatud metsakuivendusest, turbakaevandamisest, põlevkivikaevanduste veeärastuse võimalikust mõjust, Eesti SEJ ja sellest lähtuvast aluselise saastest ja Vasavere veehaardes toimuvast veevõttust.</p>
--	-----------------------------------	---

Seisundi hinnang (Hartal projekt, 2014a)	Koguseline seisund	Halb <i>Põhjavee kvaliteet vastab kehtestatud kvaliteedinõuetele ainult 65% seirekaevudest.</i>
	Keemiline seisund	Halb <i>Kaevanduste ja karjäärade veeärastusega on kaasnenud oluline põhjaveetaseme langus kaevanduspiirkondades, mis mõjutab pinnaveekogusid ja maismaaökosüsteeme ning veevõtt ületab looduslikku põhjaveeressurssi.</i>
	Üldseisund	Halb

Põhjaveevarud (m ³ /ööpäevas)	Looduslik ressurss	107903
	Põhjavee kinnitatud varu	5000
	Põhjaveevõtt 2018. a	498540
	Kasutuses olev vaba põhjavee kogus veehaardetes	4659
	Minimaalne looduslik vaba ressurss veehaardetele	102903
	Minimaalne looduslik kasutatav veehulk 2018. a	-305334

Lähtudes põhjaveele avalduvast koormusest ja ohust on põhjaveekogumile kehtestatud järgmised läviväärtused (KeM 2019a):

Põhjaveekogumi number	Põhjaveekogum	Saasteaine	Ühik	Saasteaine sisalduse läviväärtus põhjavees
7	Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum	Sulfaadid	mg/l	250
		Ühealuselised fenoolid	µg/l	1
		Naftasaadused	µg/l	20
		Benseen	µg/l	1
		Summa PAH	µg/l	0,1

Põhjaveekogumi keemilise ja koguselise seisundi hinnang

Põhjaveekogumi keemilise seisundi hinnang

TEST 1. Põhjaveekogumi taustainformatsioon ja test põhjaveekogumi kui terviku üldise keemilise seisundi hindamiseks

Esimese sammuna (Tabel 1) teostatakse seireandmete koondamine ja arvutatakse oluliste saasteainete kohta kogu vaatlusperioodi (2014-2019. a.) keskmine sisaldus põhjaveekogumi kõikides seirepunktides ning võrreldakse neid vastavate läviväärtuste (LV) või piirväärtustega (PV). Tabelisse on koondatud kõik seireperioodi jooksul analüüsitud kvaliteedinäitajate määrangud (v.a. pestitsiidid), näitajate loend varieerub põhjaveekogumite lõikes.

Tabel 1. Põhjavee kvaliteedinäitajate 2014-2019. a. keskmised väärtused võrrelduna põhjaveekogumile kehtestatud lävi- (LV) ja piirväärtustega (PV). Puurkaevu koodi taha on märgitud kaevu mõjuraadius (% PVK pindalast)

Puurkaev, %		Cl	SO ₄	NH ₄	NO ₃	O ₂	PHT (KHT Mn)		As	Cd	Hg	Pb	Fenoolid (1-aluselised) summa	Naftasaadused	PAH summa	Benseen	Tetra-kloro-eteen	Tri-kloro-eteen
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	-	mgO/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
		Puudub	250	0,5	50	Puudub	6-9	5	100	10	2	200	1	20	0,1	1	70	70
PRK0002593	7,8	6,8	1,2	0,10	0,3	2,0	7,22	3,93	1,03	0,07	0,01	0,67	0,33	10,00	0,04	0,04	0,05	0,05
PRK0002594	7,8	4,9	15,0	0,04	0,7	3,7	7,16	2,35	2,00	0,05	0,01	0,51	0,29	10,00	0,07	0,04	0,05	0,05
PRK0003008	3	9,9	58,8	0,45	0,2	0,3	7,00	2,60	3,00	0,10	0,01	1,00						
PRK0003662	5,7	24,1	122,4	0,14	0,2	1,4	7,26	1,42	7,90	0,06	0,01	0,53	0,49	9,00	0,03	0,04	0,05	0,05
PRK0003963	7,2	4,7	26,6	0,04	1,4	2,2	7,16	1,92	3,00	0,10	0,01	1,00	0,33	10,00	0,04	0,05	0,05	0,05
PRK0003964	2,3	3,9	67,7	0,18	0,2	1,2	6,86	11,23	3,00	0,10	0,01	1,00	0,33	10,00	0,03	0,05	0,05	0,05
PRK0003966	2,3	4,3	8,4	0,07	0,2	2,5	7,35	2,33	3,00	0,10	0,01	1,00	0,50	10,00	0,04	0,05	0,05	0,05
PRK0003969	3	16,7	32,5	4,46	0,2	0,0	7,00	10,20	3,00	0,10	0,01	1,00						
PRK0004009	2,5	5,2	16,2	0,22	0,4	1,5	7,22	6,45	0,05	0,01	0,01	0,16	0,33	10,00	0,03	0,04	0,05	0,05
PRK0004010	15	9,9	2,9	0,16	0,2	1,0	7,62	1,08	0,05	0,01	0,01	0,34	0,38	10,00	0,03	0,04	0,05	0,05
PRK0004012	3	9,9	60,9	0,16	0,2	0,3	7,10	2,30	3,00	0,21	0,01	4,70						
PRK0004015	9,6	9,6	260,5	0,03	1,7	3,1	6,70	1,75	1,56	0,06	0,01	0,53	0,15	10,00	0,02	0,03	0,05	0,05
PRK0004016	4,5	13,8	310,4	0,11	0,9	1,6	6,92	5,12	0,57	0,01	0,01	0,05	0,44	9,00	0,02	0,04	0,05	0,05
PRK0004017	4,5	9,9	185,7	1,85	0,2	0,7	7,33	2,13		0,20	0,01	2,25	2,83	63,33	0,09	0,12	0,05	0,05
PRK0019499	4,1	55,2	10,0	0,11	1,4	0,5	8,88	2,37	0,40	0,10	0,01	1,00	0,67	9,00		0,03	0,05	0,05
PRK0019522	2,8	29,7	1,1	0,94	0,2	0,4	6,90	8,68	5,85	0,10	0,01	1,00	0,51	9,00	0,04	0,07	0,05	0,05
PRK0019532	4,7	13,9	6,1	0,15	0,2	2,5	7,34	1,77	0,24	0,10	0,01	1,00	0,42	9,00		0,03	0,05	0,05
PRK0019560	11,6	10,1	76,0	0,15	0,2	0,6	7,16	8,02	0,26	0,10	0,01	1,00	1,33	12,00	6,44	1,10	0,05	0,05
PRK0019606	2,7	78,1	616,9	0,27	0,3	2,8	6,94	7,97	0,89	0,04	0,01	1,30	0,68	99,00	0,05	0,04	0,05	0,05
PRK0026251	6,2	15,2	300,6	0,06	27,4	1,1	6,80	2,14	0,09	0,10	0,01	1,00	0,45	9,00	0,02	0,04	0,05	0,05
PRK0026264	15,1	44,4	2,8	0,10	0,2	0,7	8,10	3,78	2,00	0,10	0,01	1,00	0,33	10,00	0,03	0,04	0,05	0,05
PRK0003733	10,1												1,50					
PVK keskmine		19,4	109,9	0,28	1,8	1,6	7,27	4,25	1,88	0,07	0,01	0,91	0,66	20,26	0,93	0,15	0,05	0,05

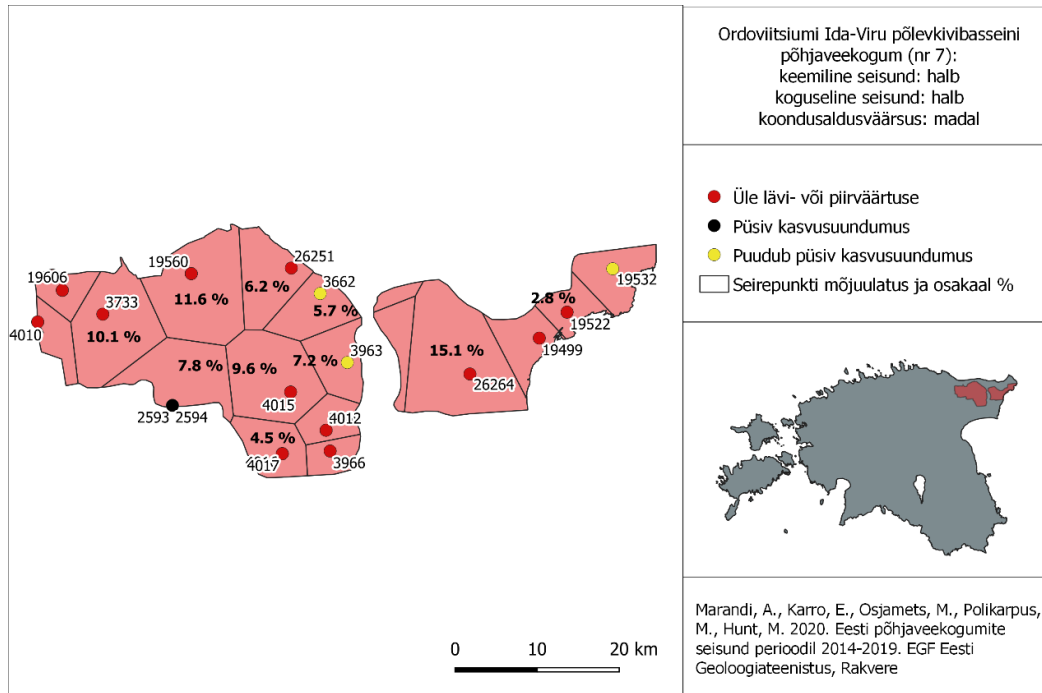
Lävi- või piirväärtuste ületamise korral jätkub seisundi hinnang keemiliste seisundi testide teostamisega, mille käigus hinnatakse muuhulgas põhjavee seisundit mõjutavate saasteainete sisalduste muutlikkust hindamisperioodi (2014-2019 a.) jooksul ning varieeruvust lähtetasemete suhtes.

Tabelist 1 nähtub, et neljas seirekaevus on ületatud SO₄ (250 mg/l) läviväärtus, kolmes NH₄ (0,5 mg/l) piirväärtus, seitsmes keemilise hapnikutarbe (≤5 mg/l O₂) piirväärtus ning kolmes 1-aluseliste fenoolide summale kehtestatud läviväärtus (1 µg/l). Lisaks sellele on üksikutes seirekaevudes täheldatavad naftasaadustele, PAH summale ning benseenile kehtestatud läviväärtuste ületamised. Seire käigus kogutud algandmete koondamise ja töötlemise tulemus näitas, et põhjaveekogumis esineb pestitsiidide osas kehtestatud piirväärtuste (0,1 µg/l) ületamisi (Tabel 2).

Tabel 2. Pestitsiidide aastakeskmised vaatluskaevupõhised sisaldused (n - analüüside arv hindamisperioodi jooksul)

Puurkaev	Aasta	Pestitsiid	Ühik	Keskmine sisaldus	n
PRK0019560	2017	kloropüriifoss	µg/l	0,12	1
PRK0019522	2017	dikamba	µg/l	0,66	1
PRK0026264	2017	dikamba	µg/l	0,54	1
PRK0019499	2017	dikamba	µg/l	0,61	1
PRK0004015	2018	glüfosaat	µg/l	0,14	1
PRK0019606	2018	dimetüülfalaat	µg/l	0,20	1

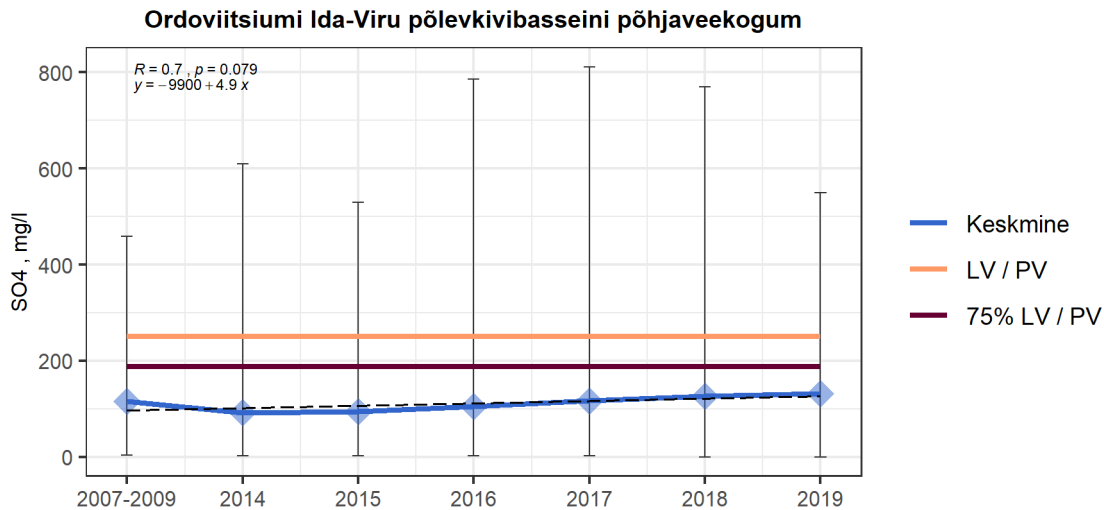
Seisundi hindamise juhendi (European Commission 2009; AS Infragate Eesti 2013) järgi on saasteainete levik märkimisväärne siis, kui see esineb 20 % või enam põhjaveekogumi pindalast või mahust. Benseeni, naftasaaduste, PAH summa ja NH₄ osas jäävad lävi- ja piirväärtuse ületamised alla 20 % põhjaveekogumi pindalast (Tabel 1, Joonis 1), kuid SO₄ ja keemilise hapnikutarbe ja 1-aluseliste fenoolide summa puhul moodustavad piirväärtuste ületamised vastavalt 23 %, 29,4 % ja 26,2% põhjaveekogumi pindalast, mis tähendab nende ajalise trendi hindamist põhjaveekogumis kui tervikus (Joonised 2, 3 ja 4).



KKR kood	Näitaja	Lähtetase	6 a kesk. LV/PV	Ühik	p-väärtus	Trend	Kasvus.	
PRK0019606	Pestitsiidid summa	0.0036	0.102	0.1	µg/l	0	0.098	Üle PV
PRK0019606	Naftasaadused	10	99	20	µg/l	0.092	80.5	Üle LV
PRK0019606	Naftasaadused	10	99	20	µg/l	0.092	80.5	Üle LV
PRK0019560	PHT(KHTMn)	7.5	8.017	5	mgO/l	0.931	-0.06	Üle PV
PRK0019560	Pestitsiidid summa	0.12	0.12	0.1	µg/l	0	0	Üle PV
PRK0019560	PAH summa	2	6.44	0.1	µg/l	0.08	1.437	Üle LV
PRK0019560	PAH summa	2	6.44	0.1	µg/l	0.08	1.437	Üle LV
PRK0019560	Fenoolid (1-aluselised) sun	2.6	1.328	1	µg/l	0.044	-0.448	Üle LV
PRK0019560	Benseen	0.5	1.097	1	µg/l	0.522	0.133	Üle LV
PRK0019560	Benseen	0.5	1.097	1	µg/l	0.522	0.133	Üle LV
PRK0019522	PHT(KHTMn)	9.1	8.683	5	mgO/l	0.685	0.1	Üle PV
PRK0019522	Pestitsiidid summa	0.66	0.66	0.1	µg/l	0	0	Üle PV
PRK0019522	NH ₄	0.7333	0.937	0.5	mg/l	0.271	0.064	Üle PV
PRK0019499	Pestitsiidid summa	0.61	0.61	0.1	µg/l	0	0	Üle PV
PRK0004017	NH ₄	1.03	1.848	0.5	mg/l	0.419	0.258	Üle PV
PRK0004017	Naftasaadused	10	63.333	20	µg/l	0.333	80	Üle LV
PRK0004017	Naftasaadused	10	63.333	20	µg/l	0.333	80	Üle LV
PRK0004017	Fenoolid (1-aluselised) sun	0.5	2.825	1	µg/l	0.123	2.45	Üle LV
PRK0004017	SO ₄	45.8	185.725	250	mg/l	0.017	16.916	püsiv
PRK0004016	SO ₄	230	310.367	250	mg/l	0.053	15.054	Üle LV
PRK0004016	PHT(KHTMn)	2.7	5.117	5	mgO/l	0.143	2.106	Üle PV
PRK0004015	SO ₄	269.5	260.483	250	mg/l	0.74	2.351	Üle LV
PRK0004015	Pestitsiidid summa	0.14	0.14	0.1	µg/l	0	0	Üle PV
PRK0004009	PHT(KHTMn)	5.4	6.45	5	mgO/l	0.966	0.009	Üle PV
PRK0003969	PHT(KHTMn)	10.2	10.2	5	mgO/l	0	0	Üle PV
PRK0003969	NH ₄	4.46	4.46	0.5	mg/l	0	0	Üle PV
PRK0003964	PHT(KHTMn)	10.4	11.233	5	mgO/l	0.174	0.72	Üle PV
PRK0003733	Fenoolid (1-aluselised) sun	1.5	1.5	1	µg/l	0	0	Üle LV
PRK0002593	NH ₄	0.035	0.099	0.5	mg/l	0.039	0.034	püsiv

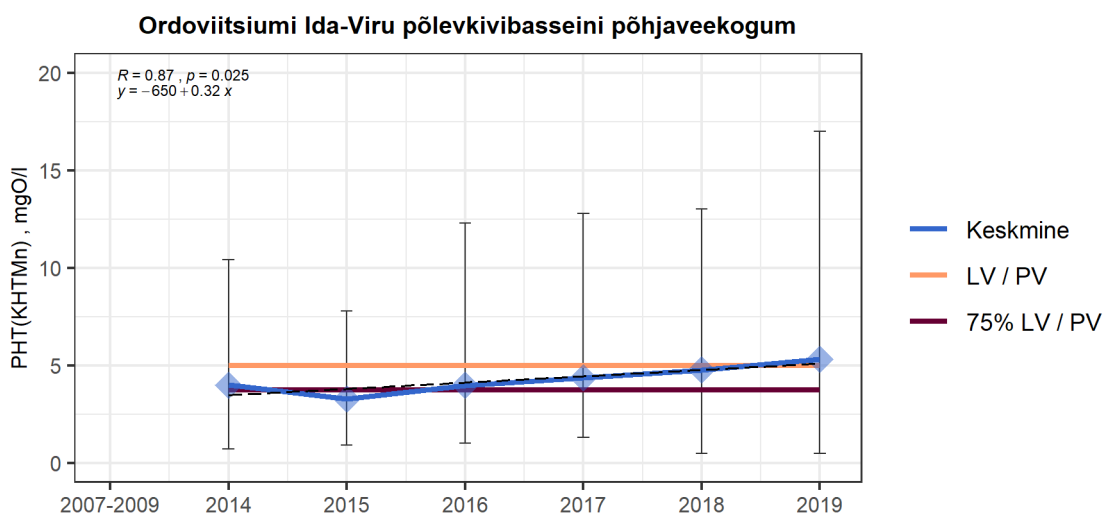
Joonis 1. Seirepunktide paiknemine ja nende mõjuulatused ning oluliste saasteainete kasvuundumused Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumis

Joonisel 2 on kujutatud sulfaatide ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus kogu vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul. Trendijoon kulgeb sulfaatide läviväärtuse 75% sisaldust tähistavast joonest madalamal, täheldatav on trendijooe mõningane tõus, kuid lineaarne trendijoon ei lõiku SO₄ läviväärtuse 75% sisaldust tähistava joonega.



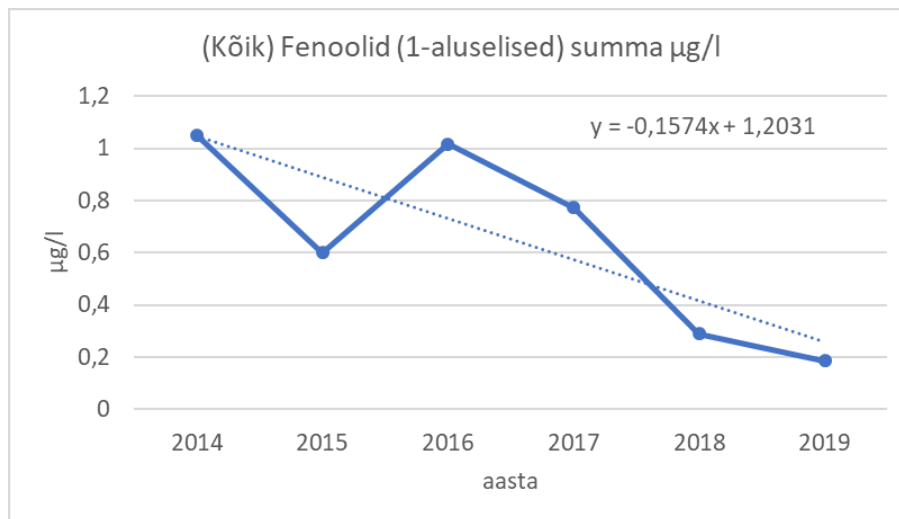
Joonis 2. Sulfaatide sisalduse ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus kogu vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul

Joonisel 3 on kujutatud keemilise hapnikutarbe ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus kogu vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul. Tõusev trendijoon lõikab keemilise hapnikutarbe piirväärtuse 75% väärtust tähistavat joont ning jõuab aastaks 2019 üle piirväärtust tähistava 5 mg/l O₂. Jooniselt on näha algandmete suur varieeruvus, maksimaalsed väärtused on kasvutrendis. Kuivõrd saasteaine aastakeskmiste sisalduste trendijoon ületab kehtestatud piirväärtuse 75% väärtust tähistavat joont, on põhjaveekogum testi 1 põhjal halvas keemilises seisundis. Testi usaldusväärsus on kõrge.



Joonis 3. Keemilise hapnikutarbe ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus kogu vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul

Joonisel 4 on kujutatud 1-aluseliste fenoolide summa ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus kogu vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul. Jooniselt on näha, et põhjaveekogumi aastakeskmised 1-aluseliste fenoolide summa väärtused on mitmel aastal üle kehtestatud läviväärtuse (1 µg/l), jälgitav on saasteainesisalduse langustrend. Kuivõrd 1-aluseliste fenoolide summa aastakeskmiste sisalduste trendijoon ületab saasteainele kehtestatud läviväärtuste 75 % väärtust, on põhjaveekogum ka antud saasteaine esinemise tõttu halvasti keemilises seisundis. Seisundi hinnang 1-aluseliste fenoolide summale tuginedes on madal, sest kaevust 3733 on vaid üks määrang aastast 2014, ning arvestades kaevu mõjuraadiust (10,1% PVK pindalast), on viimasel oluline mõju PVK kui terviku keemilisele seisundile.



Joonis 4. 1-aluseliste fenoolide summa ajaline muutus põhjaveekogumis kui tervikus kogu vaatlusperioodi (2014-2019) jooksul

Test 1 tulemus: halb seisund. Testi usaldusväärsus on madal.

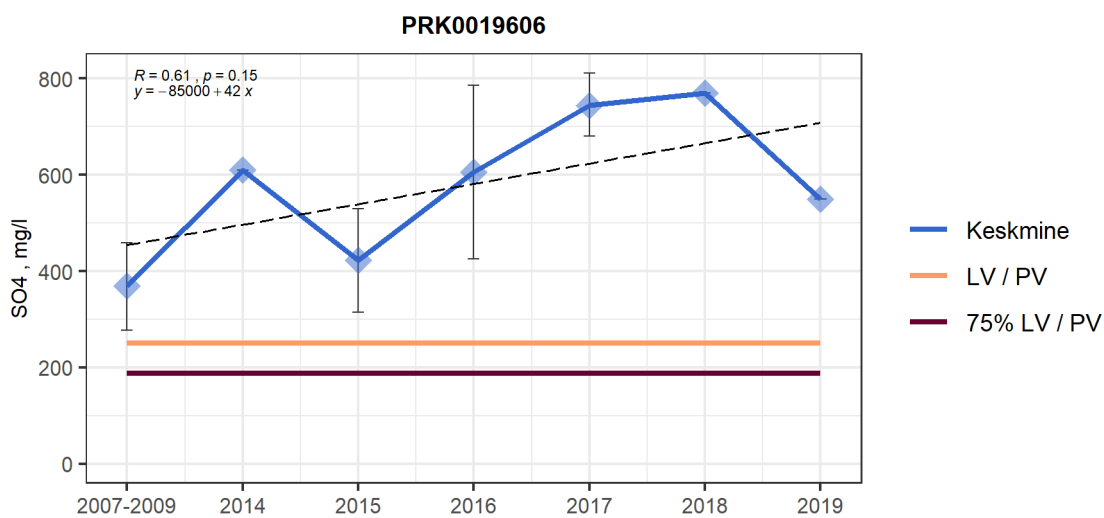
Test 2. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt.

Test soolase või muu vee sissetungi ohu tuvastamiseks ning selle mõju hindamiseks põhjaveekogumi keemilisele seisundile teostatakse nendes põhjaveekogumites, kus vee sissetungi iseloomustavatele kloriididele ja sulfaadile on kehtestatud läviväärtused (KeM 2019a). Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumile on kehtestatud läviväärtus (250 mg/l).

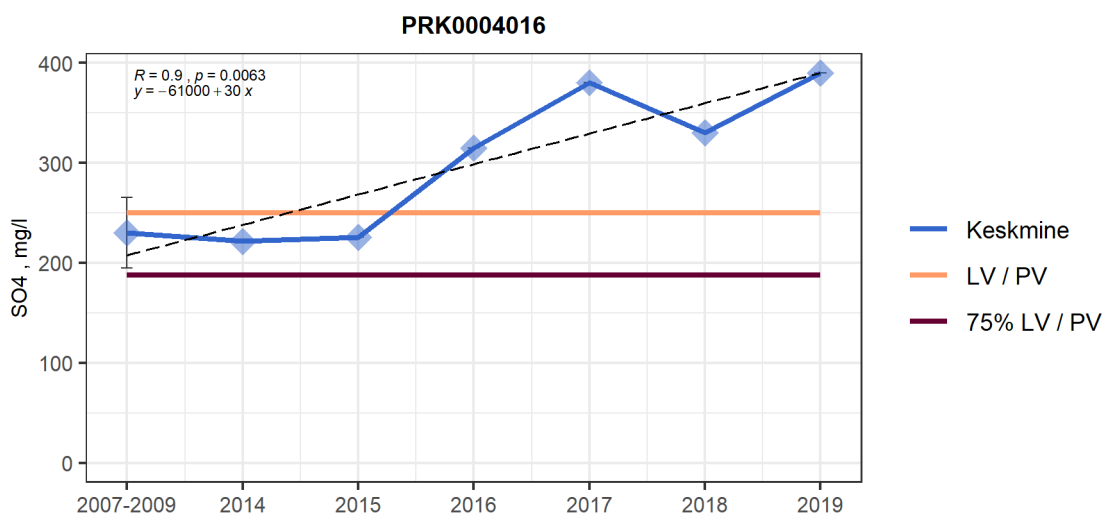
Nagu selgus testi 1 tulemustest, oli kogu vaatlusperioodi (2014-2019. a.) keskmine SO₄ sisaldus põhjaveekogumi üksikutes seirepunktides valdavalt alla läviväärtuse, kuid neljas seirekaevus (4015, 4016, 19606 ja 26251) ulatus see üle LV (Tabel 1). Järgnevalt hinnati seda, kas põhjaveekogumi riiklike keemilise seisundi seirekaevude aastakeskmistes sulfaatide sisaldustes (PVK kui tervik) esineb tõusutrend (Joonis 2, vt. Test 1). Jooniselt 2 on näha, et saasteaine (SO₄) lineaarne trendijoon kulgeb sulfaatide läviväärtuse 75% sisaldust tähistavast joonest madalamal, on mõningase tõusuga, kuid ei lõiku SO₄ läviväärtuse 75% sisaldust tähistava joonega. Sellest tulenevalt on põhjaveekogum testi 2 järgi heas keemilises seisundis.

Selgitamaks põhjaveekogumi kui terviku SO₄ sisalduste ajalise dünaamika tagamaid, võiks esile tõsta kahe vaatluskaevu seireandmeid. Kaevudes 19606 ja 4016 on põhjaveekogumi lõikes kõige kõrgemad vaatlusperioodi keskmised SO₄ sisaldused (Tabel 1), neis esineb saasteaine sisalduse tõusutrend (Joonised 5 ja 6), mis mõjutab saasteaine sisalduse ajalist käitumist põhjaveekogumis kui tervikus. Läviväärtust ületavad või sellele lähedased SO₄ lähtetasemed viitavad põhjavee sulfaadirikkusele. Samas on nimetatud puurkaevude mõjuraadiused tagasihoidlikud, mistõttu nende keemiline koostis põhjaveekogumi seisundit ei mõjuta. Vaatamata sellele tuleb järgneva seireperioodi jooksul kaevudes aset leidva sulfaatide sisalduse kasvusuundumusele tähelepanu pöörata.

Test 2 tulemus: hea seisund. Testi usaldusväärsus on kõrge.



Joonis 5. Sulfaatide sisalduse ajaline muutus vaatluskaevus 19606



Joonis 6. Sulfaatide sisalduse ajaline muutus vaatluskaevus 4016

Test 3. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

Põhjaveekogumiga seonduvad vooluveekogumid, nende keemiline (KESE) ja ökoloogiline (ÖSE) seisund ning ebasoodsa seisundi põhjused Eesti pinnaveekogumite seisundi 2018. aasta ajakohastatud vahehindangu järgi on toodud tabelis 2 (Altoja et al. 2019).

Tabel 2. Põhjaveekogumiga seotud vooluveekogumid, nende seisund ning test 3 tulemus

vooluveekogum	KESE VMK 2013-2018	KESE põhjus	ÖSE VMK 2013-2018	ÖSE mitte hea element	ÖSE näitaja	lähim seirekaev	probleemne saasteaine	test 3
Mustajõgi	hea		kesine ÖP	KALA	JKI			hea
Purtse_3	halb	Diklorometaan	kesine ÖP	KALA	JKI	3733	KESE (diklorometaan). kõik kogumi kaevude diklorometaan proovid põhjavees alla määramispiiri. Lähimas vaatluskaevus nr 3733 pole määratud	hea, madal usaldusväarsus
Pühajõgi_1	hea		kesine	JKI, Ba	JKI, Ba	26251	SPETS (Ba). Lähimas seirekaevus vaid 1 Ba proov, mille sisaldus jäi alla labori määramispiiri (200 µg/l). Kogumis tervikuna ulatuvad Ba väärtused kõrgele kuni 5300 µg/l. Ba võib tekitada probleeme seotud pinnaveekogumites kuid puudub teadmine kas põhjavees on tegulooduslikult kõrge sisalduse või inimõjuga. Ba tuleb selgitada taustatase, määrata läviväärtus ning jätkata seiret võimaliku tõusutrendi tuvastamiseks.	ohustatud (kõrge ba võimalik allikas põhjavesi)
Vasavere	hindamata		halb	P-üld, NH4, O2, T, H', EPT, ASPT, DSFI	toitained	3963	FYKE (P, NH4, O2). Nüld ja Püld sisaldusi pole kogumi seirekaevudes määratud. Lähima kaevu keskmised sisaldused ei osuta inimõjule: NO3 1,4 mg/l; NH4 0,04 mg/l, O2 2,2 mg/l	hea, madal usaldusväarsus

Põhjaveekogum on test 3 järgi ohustatud seisundis, sest Pühajõgi_1 pinnaveekogumis ebasoodsat seisundit põhjustav baarium võib pärineda põhjaveest (vt Tabel 2, probleemne saasteaine). Kuna on ebaselge baariumi sisalduse trendid ning kas baarium on põhjavees looduslikku päritolu või on see inimtegevusest mõjutatud, on **seisundihinnang madala usaldusväarsusega**. Põhjaveekogumi seirekaevudes tuleks selgitada baariumi taustatasemeid ning määrata kogumis baariumile läviväärtus. Võimalike tõusutrendide jälgimiseks tuleks baariumi sisaldust vähemalt kord aastas jälgida probleemsele Pühajõgi_1 vooluveekogumile lähimas põhjavee seirekaevus nr 26251.

Põhjaveekogumiga seotud järved pole seisuveekogumitena arvel ning nende kohta puuduvad kogumite seisundihinnangud, mis võimaldaks ühtse meetodikaga põhjaveest pärineda võivate saasteainete mõjusid test 3 alusel hinnata.

Test 4. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt

Põhjaveekogumiga seotud maismaaökosüsteemidest kuuluvad Natura 2000 alade nimistusse mille seisundit ühtse meetodika alusel jälgitakse: Puhatu soostiku põhjaosa, Muraka soostik, Selisoo, Konsu järve ümbruse siirdesood ja soometsad, Sirtsu soo, Kaasiksoo ning Tedresoo.

Nendest Natura 2000 alade elupaikade üldseisund on halvem kui hea Kaasiksoos (elupaigatüüp raba, siirdesoo, siirdesoo- ja rabametsad) ja Tedresoos (elupaigatüüp raba, rabametsad). Mitthea seisundi põhjusena on toodud metsakuivendus ning nõrk aluseline saaste (Terasmaa et al. 2015). Metsakuivendus ei ole põhjavee keemilise koostise kaudu avalduv surve. Kaasiksoole võib teoreetiliselt Ojamaa jõe kaudu avalduda põlevkivikaevandusest väljapumbatava kuivendusvee poolt põhjustatud aluseline saaste, kuid põhjaveekogumite hindamise meetodika täpsusega ei ole seda võimalik tuvastada. Lähimas põhjaveeseire kaevu PRK0002594 vee keskmine pH ja SO₄ on vastavalt 7,16 ja 15 mg/l, seireperioodil on puudunud tõusutrend. **Põhjaveekogum test 4 alusel heas seisundis**, kuid aluselise saaste ebaselgete seoste tõttu põhjaveega on hinnang **madala usaldusväärsusega**.

Test 5. Test põhjaveekogumi keemilise seisundi hindamiseks joogiveest lähtuvalt Testi läbiviimise kaastakse veehaarded toodanguga üle 500 m³/d. Teiseks kriteeriumiks on asjaolu, kas joogivee kvaliteeti puudutavate probleemidega on ajavahemikul 2014-2019 a. pöördunud põhjaveekomisjoni poole. Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumi puhul ei ole nimetatud ajavahemikul esinenud joogivee kvaliteediga seonduvaid probleeme, vee-ettevõtted ei ole pidanud veehaardeid sulgema ega ka efektiivsemaid veetötlusmeetodeid rakendama.

Põhjaveekogum on 5. testi põhjal heas keemilises seisundis. Testi usaldusväärsus on kõrge.

Põhjaveekogumi koguselise seisundi hinnang

Test 6. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks põhjaveeressursi bilansist lähtuvalt

Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumi looduslik ressurss (107903 m³/d) on suurem kui põhjavee kinnitatud tarbeveevaru (5000 m³/d). Seetõttu hinnatakse testis 6 üldist põhjaveevõttu 2017. ja 2018. aastal (vastavalt 498540 ja 413237 m³/d) võrreldes seda põhjaveekogumi loodusliku ressursiga. 2018. a seisuga on loodusliku ressursi ja üldise põhjaveevõtu bilanss negatiivne (-305334 m³/d).

Lähtuvalt eelnevast on test 6 tulemusena Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum halvas seisundis. Testi usaldusväärsus on kõrge.

Test 7. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud pinnaveekogumitest lähtuvalt

Põhjaveekogumiga seotud pinnaveekogumite seisundit lähtuvalt veevõtust on hinnatud vaid vooluveekogumitel. Vooluveekogumi hüdromorfoloogilise seisundi (HÜMO) veekastuse hinnangus on veevõtt kogumiga seotud Mustajões 50-100% jõe aastasest vooluhulgast (Tabel 3). Teistes seotud jõgekogumites jääb veevõtt alla 10% jõe aastasest vooluhulgast (Auväärt et al. 2019). Mustajõe läheduses esinevad suured põhjavee tarbijad on Sirgala ja Narva karjäär, Estonia kaevandus. Jõele lähematest vaatuskaevudest esineb suur langustrend kaevus nr 3969, kus veetaseme trend alanenud 17 m võrra.

Tabel 3. Põhjaveekogumiga seotud vooluveekogumite veevõtu hinnang ning test 7 tulemus

pinnaveekogum	HÜMO veevõtu hinnang. Veevõtt aastasest jõe vooluhulgast	Lähim seirekaev	test 7	test 7 selgitus
Mustajõgi	5 (50-100%)	4015; 3969; 26264; 53217	halb, madal usaldusväärsus	Suured veetarbijad Sirgala ja Narva karjäär, Estonia kaevandus. Vaatuskaevudest esineb suur langustrend kaevus nr 3969 kus veetaseme trend alanenud 17 m võrra. Kaevanduste veealandamine kindalsti mõjutab lähipiirkonna põhjaveest sõltuvaid vooluveekogusid. Kuna kaevandused on veekeskonda palju mõjutanud (toimub ka väljapumbatava vee juhtimine jõgedesse) pole hindamise meetoodika piisav suure usaldusväärusega hinnangu andmiseks
Purtse_3	hindamata		hea	
Pühajõgi_1	1 (puudub-10%)		hea	
Vasavere	1 (puudub-10%)		hea	

Test 7 alusel on **põhjaveekogum halvas seisundis. Hinnangu usaldusväärsus on madal**, kuna kaevandused on piirkonna veekeskonda palju mõjutanud (toimub ka väljapumbatava vee juhtimine jõgedesse), pole hindamise meetoodika piisav kõrge usaldusväärusega hinnangu andmiseks.

Test 8. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks seotud maismaaökosüsteemidest lähtuvalt

Põhjaveekogumiga seotud maismaaökosüsteemidest kuuluvad Natura 2000 alade nimistusse mille seisundit ühtse meetoodika alusel jälgitakse: Puhatu soostiku põhjaosa, Muraka soostik, Selisoo, Konsu järve ümbruse siirdesood ja soometsad, Sirtsu soo, Kaasiksoo ning Tedresoo. Estonia ja Ojamaa aktiivsete põlevkivikaevandustele lähimates Muraka soostikus ja Selisoos toimub iga-aastane veetasemete seire nii raba veekihi kui ka põhjaveekogumi sügavamates kihtides (Osjamets jt, 2020; Kohv ja Jõelett, 2020). Aluspõhjalistes veekihtides on toimunud kaevanduste tõttu veepinna alanemine, kuid see pole Muraka soostikus põhjustanud sooveetasemete langustrendi (Osjamets jt, 2020). Selisoo põhjavee seire tulemustel on Estonia kaevanduse veeärastuse mõju aluspõhjalistes veekihtides ilmnenud ka soosetete veekihi veetasemetes (Kohv ja Jõelett, 2020). Kuna Muraka soostiku Natura 2000 üldseisund on hinnatud väga heaks ja Selisoo seisund heaks pole põhjaveevõtt veel põhjustanud nende soo elupaikade ebasoodsat seisundit (Natura 2000 - standard data forms <https://natura2000.eea.europa.eu/>). Natura 2000 alade elupaikade üldseisund on halvem

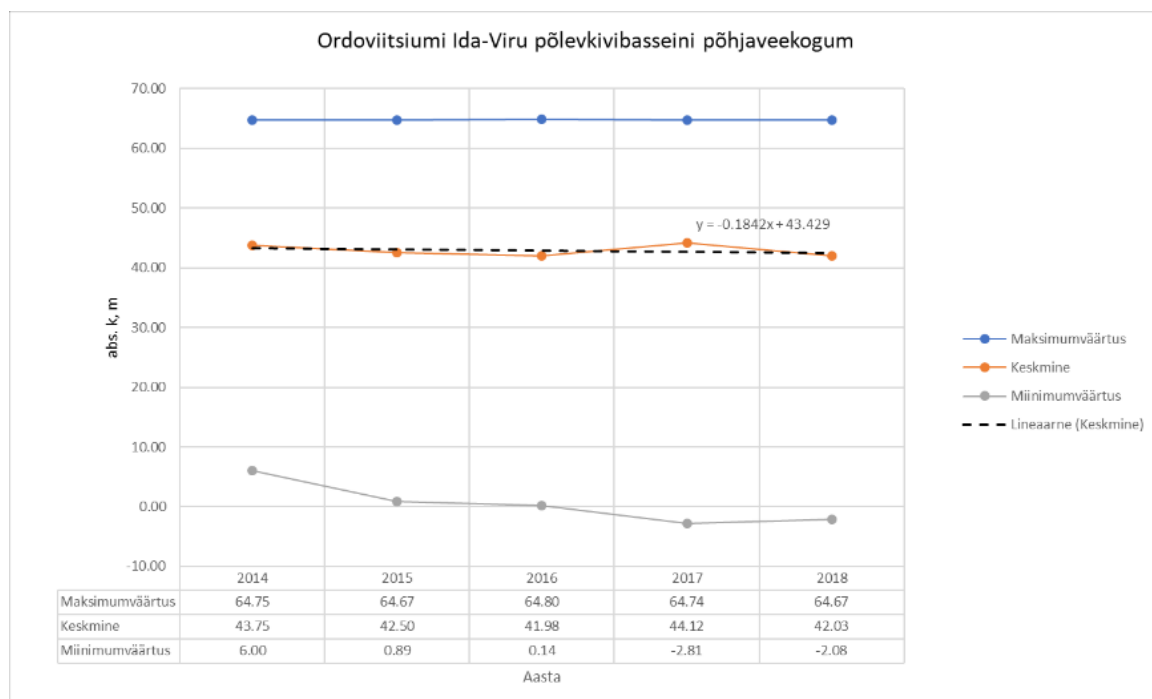
kui hea Kaasiksoos (elupaigatüüp raba, siirdesoo, siirdesoo- ja rabametsad) ja Tedresoo (elupaigatüüp raba, rabametsad). Mitthea seisundi põhjusena on toodud metsakuivendus ning nõrk aluseline saaste (Terasmaa et al. 2015). Lisaks Natura 2000 aladele on mittheas seisundis Kurtna suurjärve äärne soo, kus surveteguriteks on turbalõikamine, kuivendus ja Vasavere jõe õgvendamine ning Suurjärve veetaseme alandamine ning ilmselt ka põlevkivi kaevandamise veeärastuse ja Vasavere veehaarde veevõtu mõju (Terasmaa et al. 2015). Suurjärve äärne soo on seotud põhiliselt Kvaternaari Vasavere põhjaveekogumiga ning Suurjärve ja Vasavere jõe veetasemega. Test 8 alusel on **põhjaveekogum heas, kuid ohustatud seisundis. Hinnangu usaldusväärsus on kõrge** peamiselt Estonia kaevanduse veeärastuse mõju ilmnenemise tõttu Selisoo soosetete kihi veetasemetes (Kohv ja Jõelett, 2020).

Test 9. Test põhjaveekogumi koguselise seisundi hindamiseks soolase või muu vee sissetungi ohust lähtuvalt

Test 1 tulemusena (Tabel 1) selgus, et neljas seirekaevus (4015, 4016, 19606 ja 26251) ületab perioodi keskmine SO₄ sisaldus (vastavalt 260,5; 310,4; 616,9 ja 300,6 mg/l) Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumile kehtestatud läviväärtuse 250 mg/l.

Lähtuvalt meetodikast, hinnatakse seetõttu veetasemete trende seirekaevudes.

Hindamisperioodi aastakeskmise veetasemete muutus on nõrgalt negatiivse trendiga (Joonis 7).



Joonis 7. Hindamisperioodi põhjavee survetaseme muutuse suurus ning trend Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumis

Kuna üldine veetasemete trend on negatiivne, siis hinnatakse veetasemete langust konkreetsete seirekaevude läheduses. Neljast kaevust vaid ühe (4016) läheduses on

täheldatav 1,5 m veetaseme langustrend seirekaevus 4017. Viimane on tõenäoliselt tingitud Estonia kaevanduse mõjust põhjaveetasemetele.

Kuna SO₄ tõus ja veetasemete langus on täheldatav vaid u 5% kogumi pidalast, **on Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogumi seisund test 9 tulemusena hea. Testi usaldusväärsus on kõrge.**